



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 147643

(13) U

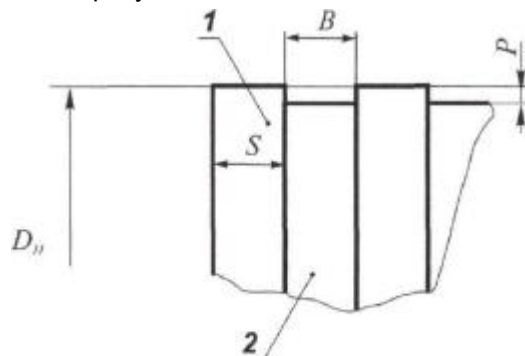
(51) МПК

B22D 11/08 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ****(21)** Номер заявки: **u 2020 03801****(22)** Дата подання заявки: **24.06.2020****(24)** Дата, з якої є чинними  
права інтелектуальної  
власності: **03.06.2021****(46)** Публікація відомостей  
про державну  
реєстрацію: **02.06.2021, Бюл.№ 22****(72)** Винахідник(и):**Лещинський Леонід Кимович (UA),  
Іванов Віталій Петрович (UA)****(73)** Володілець (володільці):**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ  
ЗАКЛАД "ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ",  
вул. Університетська, 7, м. Маріуполь,  
Донецька обл., 87555 (UA)****(54) РОЛИК МАШИНИ БЕЗПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ ЗАГОТОВОК****(57)** Реферат:

Ролик машини безперервного лиття заготовок містить бочку з наплавленим робочим шаром, утвореним виступами, що чергуються з западинами. Висота виступів, ширина западин і відстань між ними і визначені з виразу:  $P \geq f(\sigma_{\text{пик}}) \cdot D_n$ .

**Фіг. 1****UA 147643 U**

UA 147643 U

Корисна модель належить до виготовлення обладнання для машин безперервного лиття заготовок і також може бути використана при в прокатному виробництві при відновленні прокатних валків.

Відомий ролик машини безперервного лиття заготовок, що містить відцентроволиту бочку з робочим шаром із зносостійкого сплаву, при цьому поверхня бочки має рельєф з ділянками змінної висоти, що включає кільцеві поглиблення, розташовані під кутом до твірної (А.С. СРСР № 1329899, В22D 11/12). Недолік відомого - відсутність розмірів поглиблень, що в разі зміни рівня напружень в поверхневому шарі призводить до зниження працездатності виробу.

Відомо тіло обертання циліндричної форми (ролик машини безперервного лиття заготовок), рельєф поверхні якого формується з розташованих під кутом до твірної валиків (швів) з проміжками між ними (Патент України № 101603, В23К 9/04). Недоліком відомого є мале значення опору руйнуванню ролика, пов'язане з відсутністю даних про співвідношення розмірів поглиблень і валиків, що характеризують напружений стан поверхневого шару.

Найбільш близьким за своєю технічної сутності і досягнутими результатами є ролик МБЛЗ, в наплавленому шарі якого виконано рельєф з заглибленнями (виступи та западини), розташованими по спіралі, при цьому ширина виступів збільшується від середини до країв бочки, а западин монотонно зменшується (Патент України № 122510, В23К 9/04) - аналог.

Недоліком аналогу є важкість визначення критеріїв оцінювання можливості обмеження довжини поверхневої тріщини до досягнення величини, що перевищує критичну. Це призводить до зменшення ресурсу наплавленого виробу і його виходу з ладу.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення конструкції ролика машини безперервного лиття заготовок, в якому вибір різниці висот ділянок нерівномірного рельєфу поверхні робочого шару дозволить підвищити ресурс експлуатації роликів за рахунок зниження напружень в робочому шарі, зменшення зносу і поверхневого розтріскування бочки.

Для вирішення поставленого завдання пропонується ролик машини безперервного лиття заготовок, що містить бочку з наплавленим робочим шаром, утвореним виступами і западинами, які чергуються між собою, при цьому, відповідно до корисної моделі, висота виступів, ширина западин і відстань між ними визначені відповідно з виразом:

$$P \geq f(\sigma_{\text{пик}}) \cdot D_n,$$

де  $P$  - різниця рівнів виступів і западин;

$D_n$  - діаметр ролика;

$f(\sigma_{\text{пик}})$  - закон падіння пікових напружень  $\sigma_{\text{пик}}$  на довжині  $6 \div 7$  мм від поверхні вглиб ролика

з подальшим їх зниженням,

при цьому ширина западини  $B$  визначена виразом:

$$B \geq (2,0 - 2,7) \cdot P,$$

а відстань між западинами  $S$

$$S \geq (0,10 - 0,20) \cdot D_n.$$

Суть конструкції ролика можна пояснити ілюстраціями, де на Фіг. 1. представлений рельєф поверхні бочки ролика, а на Фіг. 2 - закон падіння пікових напружень по глибині поверхневого шару ролика. Ролик містить бочку з наплавленим робочим шаром, що складається з виступів 1 і западин 2 (див. Фіг. 1). Дана конструкція ролика дозволяє знизити напруження в робочому шарі і зменшити знос і розтріскування поверхні.

Основними причинами виходу з ладу роликів МБЛЗ є корозійно-механічне зношування, утворення сітки розпалу і руйнування бочки. З огляду на високий рівень напружень в робочому шарі ролика, який визначає характер носить знос і корозія під напруженням. При цьому інтенсивність корозійно-механічного зносу зростає з підвищенням температури, тим більше під впливом напружень розтягування. У той же час, ресурс роликів радіального ділянки збільшується, якщо поверхня бочки відрізняється нерівномірним рельєфом (різницею висоти ділянок робочого шару). Збільшення ресурсу ролика при нерівномірному рельєфі поверхні, утвореному виступами і западинами, досягається за рахунок ефекту зниження напружень. Такі напруження утворюються як в процесі виготовлення ролика, так і внаслідок нагріву бочки кристалізується слябів. Інтенсивність поверхневого нагріву бочки набагато зростає в разі зниження швидкості руху сляба, тим більше в разі його зупинки, що пов'язано з виконанням технологічних операцій розливання. Якщо при сталій швидкості розливання  $0,8$  м/хв. температура нагріву бочки на глибині  $2,0$  мм від поверхні не перевищує  $300$  °С, то зі зменшенням швидкості розливання вдвічі температура нагріву бочки зростає на  $25 \div 30$  %. Це призводить до різкого зростання термічних напружень в робочому шарі. Разом з тим, нерівномірний рельєф поверхні, утворений ділянками змінної висоти, сприяє зниженню

напруженого стану завдяки вільному розширенню виступів при нагріванні і стискання при охолодженні поверхневого шару ролика.

Обґрунтувати різницю рівнів виступів 1 і западин 2, при якій забезпечується зниження напружень в наплавленому робочому шарі, дозволяють розрахунково-експериментальні дані про зниження напружень в міру віддалення з поверхні вглиб ролика. Згідно з розрахунковими даними, при дугового наплавленні в три шари ролика зі сталі 25 × 1М1Ф діаметром 270 мм, використовуючи дріт типу 15 × 13, залишкові напруження розтягнення на поверхні ролика досягають ~700 МПа, що лише трохи нижче максимальних сумарних напружень (800-850 МПа) (див. статтю //Особливості напруженого стану роликів слябових машин безперервного лиття при наплавленні їх сталлю 15 × 13//, \*Автоматичне зварювання\*, 1993, № 5. - С. 20-24). Разом з тим, напруження знижуються (до 370÷380 МПа) на глибині 6,0÷7,0 мм від поверхні ролика (що становить 0,020-0,025 діаметра). При таких значеннях різниш півнів виступів і западин, на поверхні ролика в місцях розташування западин створюються ділянки з різким зниженням рівня напружень в порівнянні з піковими і досягається ефект розвантаження робочого шару ролика на 25÷45 %. Як наслідок, зменшується схильність до зародження поверхневих термовтомних тріщин, а стрибкоподібне зменшення напружень на кордоні виступу і западини, величина якого такого ж порядку, що і межа втоми матеріалу ролика, забезпечує гальмування термовтомної тріщини.

З урахуванням зазначеного вище, різниця рівнів виступів і западин, що визначає нерівномірність рельєфу поверхні ролика, можна знайти з виразу:  $P \geq f(\sigma_{\text{пик}}) \cdot D_n$ . Зі збільшенням різниці рівнів  $P$  вище 6,5÷7,5 мм зростає ймовірність концентрації механічних напружень і знижується втомна довговічність ролика. Тому, незважаючи на те, що рівень механічних напружень в ролику МБЛЗ набагато нижче термічних, вказане перевищення різниці рівнів виступів і западин може привести до виникнення втомних тріщин на дні западин. У той же час, при різниці рівнів виступів і западин менше 5,0÷5,5 мм зростає ймовірність того, що пікові напруження досягнуть глибини, яка перевищує зазначену різницю рівнів, і тріщина подолає западину, особливо при зростанні термічних напружень внаслідок перегріву ролика. Поряд з різницею рівнів виступів і западин, значну роль в зниженні напружень грає ширина западин  $B$ , яку доцільно визначати в залежності від різниці рівнів ділянок змінної висоти. Для зменшення концентрації напружень ширину западин необхідно збільшувати з ростом різниці рівнів виступів і западин відповідно до виразу:  $B \geq (2,0 \div 2,7) \cdot P$ . При ширині западин, що дорівнює або менше  $2,0 \cdot P \approx 10 \div 12$  мм, зберігається взаємний термічний вплив країв суміжних валиків, що призводить до зниження тріщиностійкості матеріалу ролика. Більш того, за рахунок високої швидкості тріщина може не зупиняючись подолати западину малої ширини. У той же час, якщо ширина западини перевищує  $2,7 \cdot P \approx 16 \div 18$  мм, це змінює формування наплавленого шару та може привести до зниження якості поверхні сляба, що кристалізується.

При обґрунтуванні відстані  $S$  (ширина виступів) між западинами 4, необхідно враховувати, що основний вплив на розтріскування роликів надають розтягуючі напруження, що діють в осьовому напрямку (див. монографію \*Працездатність наплавлених роликів машин безперервного лиття заготовок\* - Київ: Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, 1995. - 198 с). Отже, найбільш небезпечним напрямком поширення тріщин є діаметральна площина, яка перпендикулярна напрямку дії осьових напружень (або її проекція на цю площину). При цьому довжина втомної тріщини в діаметральній площині не повинна перевищувати критичної позначки, що приводить до руйнування ролика. За розрахунковими та експериментальними даними, для роликів МБЛЗ діаметром 240÷380 мм критичне значення довжини втомної тріщини становить 100÷130 мм. Разом з тим, можливість зупинки термовтомної тріщини залежить від характеру розподілу напружень в поверхневому шарі. Різке падіння рівня напружень уздовж радіуса вглиб ролика на кордоні виступів і западин призводить до зупинки тріщини. Подальше її поширення по поверхні виступів 3, де напруження максимальні, стає неможливим, і тріщина може поширюватися лише вглиб западини. Однак різке зниження напружень призводить до гальмування, а потім і до швидкої зупинки тріщини. Допустиме значення відстані між западинами не повинно перевищувати критичного значення довжини втомної тріщини. Для визначення відстані між западинами може бути використана залежність:  $S \geq (0,10 \div 0,20) \cdot D_n$ . Верхня межа цієї відстані  $0,20D_n$  для роликів діаметром 270÷380 мм складає 54÷76 мм, що менше допустимого значення (критичної довжини тріщини). Нижня межа відстані між западинами  $0,10 D_n$  становить 27÷58 мм і визначається тим, що з його зменшенням зростає питоме навантаження на виступи в поверхневому шарі.

Ролик радіального ділянки зони вторинного охолодження МБЛЗ діаметром 270 мм (матеріал ролика сталь 25 × 1М1Ф, довжина бочки 2050 мм, маса 0,933 т) робочий шар, нерівномірний рельєф поверхні якого утворений ділянками змінної висоти з виступами і западинами, отримують шляхом наплавлення відкритою дугою з поперечними коливаннями порошкової дробом ПП-Нп-10 × 13М1Ф-О діаметром 3,2 мм Режим наплавлення: постійний струм зворотної полярності 500÷520 А, напруга на дузі 30÷32 В, швидкість наплавлення 10 м/год., амплітуда коливань 25÷75 мм, швидкість поперечних коливань 30 хв<sup>-1</sup>. Нерівномірний поверхневий рельєф робочого шару отриманий в процесі наплавлення за рахунок формування виступів, що чергуються з западинами. При цьому забезпечується: перевищення на 6,0 мм виступів над западинами; ширина западин, складова 15 мм, відстань між западинами 4 дорівнює 48 мм. Така нерівномірність рельєфу забезпечує стрибкоподібне зменшення напружень на кордоні виступів і западин, що сприяє уповільненню, термовтомних тріщин. Так, на глибині 7 мм залишкові напруження мають значення, приблизно вдвічі менше, ніж на поверхні ролика.

Виготовлений ролик був встановлений в МБЛЗ. В процесі експлуатації машини безперервного лиття заготовок число тріщин на ділянці довжиною 400 мм зменшилася з 6 до 3 (у порівнянні з базовою технологією), середня довжина тріщини зменшилася з 43 до 28 мм, а відносна зносостійкість підвищилася на 37 %. Внаслідок цього, завдяки значному підвищенню тріщиностійкості і опору зносу значно підвищилася працездатність ролика, ресурс виробу збільшився на 2140 плавков.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Ролик машини безперервного лиття заготовок, що містить бочку з наплавленим робочим шаром, утвореним виступами, що чергуються з западинами, який **відрізняється** тим, що висота виступів, ширина западин і відстань між ними і визначені з виразу:

$$P \geq f(\sigma_{\text{пик}}) \cdot D_{\text{н}},$$

де  $P$  - різниця рівнів виступів і западин;

$D_{\text{н}}$  - діаметр ролика;

$f(\sigma_{\text{пик}})$  - закон падіння пікових напруг  $\sigma_{\text{пик}}$  на довжині 6÷7 мм від поверхні вглиб ролика з

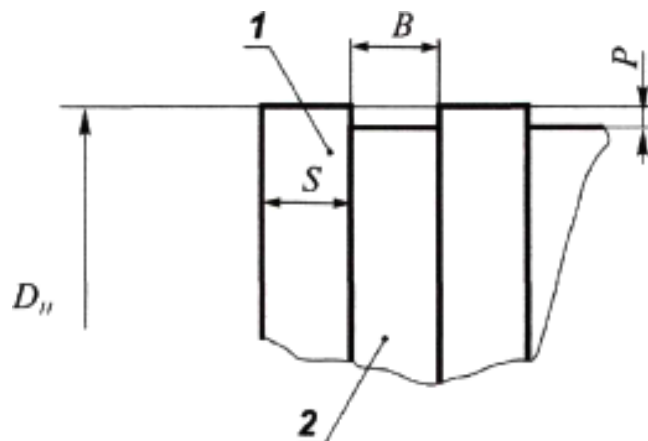
подальшим їх зниженням,

при цьому ширина западини  $B$  визначена виразом:

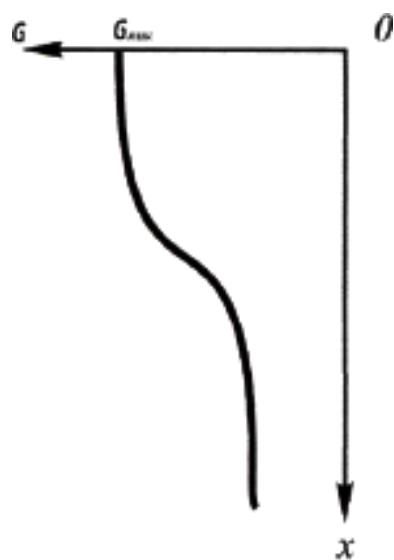
$$B \geq (2,0 - 2,7) \cdot P,$$

а відстань між западинами  $S$  - :

$$S \geq (0,10 - 0,20) \cdot D_{\text{н}}.$$



Фіг. 1



**Фіг. 2**